

PEMANFAATAN KULIT BUAH MATOA SEBAGAI KERTAS SERAT CAMPURAN MELALUI PROSES PRETREATMENT DENGAN BANTUAN GELOMBANG MIKRO DAN ULTRASONIK

Hendry Kurniawan, Calvin Hardi Garchia, Aning Ayucitra*, dan Antaresti

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik

Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Jl. Kalijudan No. 37, Surabaya 60114 Indonesia

*Email : aayucitra@yahoo.com

ABSTRAK

Kulit buah matoa memiliki potensi untuk menggantikan kayu sebagai bahan baku utama pembuatan kertas. Kulit buah matoa mengandung selulosa sehingga dapat diolah menjadi kertas. Dalam penelitian ini, proses pembuatan kertas dari kulit buah matoa melalui beberapa tahapan yaitu pemasakan, pencucian, pencampuran antara pulp kulit matoa dengan pulp kertas koran bekas, dan pencetakan kertas. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh metode pretreatment (dengan bantuan gelombang mikro dan ultrasonik), rasio volume asam asetat dengan massa kulit matoa, serta waktu paparan gelombang terhadap perolehan α -selulosa dari kulit matoa. Penelitian ini juga mempelajari pengaruh rasio pulp kulit matoa dan pulp koran bekas serta metode pretreatment terhadap karakteristik kertas serat campuran yang dihasilkan seperti daya tembus (bursting strength), kekuatan tarik (tear strength), gramatur (grammage), fleksibilitas/kekakuan (stiffness), dan ketebalan (thickness).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pretreatment dengan gelombang mikro dan gelombang ultrasonik dapat meningkatkan perolehan kadar α -selulosa kulit buah matoa dalam kisaran variabel yang dipelajari. Rasio antara kulit buah matoa dan asam asetat 1:15 dan total waktu paparan 10 menit merupakan kondisi terbaik karena mampu memberikan kadar α -selulosa tertinggi yaitu 77,16% untuk gelombang mikro dan 74,86% untuk gelombang ultrasonik. Kertas serat campuran dari pulp kulit matoa hasil pretreatment dengan gelombang mikro memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan kertas serat campuran dari pulp hasil pretreatment dengan gelombang ultrasonik. Kertas tersebut memiliki karakteristik daya tembus sebesar 1,55 kPa/cm², kekuatan tarik sebesar 706,5 mN, gramatur sebesar 390,95 g/m², fleksibilitas sebesar 85 g/cm, dan ketebalan sebesar 1679,5 mikron. Berdasarkan nilai tiga parameter utama kertas (grammage, tear strength, dan stiffness), pretreatment dengan gelombang mikro dengan rasio pulp kulit buah matoa dan pulp kertas koran 1:1 dapat menghasilkan tipe kertas karton dupleks sesuai SNI 0123:2008.

Kata kunci : kulit matoa, microwave, ultrasound, kertas serat campuran

I. Pendahuluan

Dalam satu dekade terakhir diketahui telah terjadi peningkatan polusi akibat emisi gas CO₂. Emisi gas CO₂ berasal dari 65% pembakaran bahan bakar fosil, 14% aktivitas pertanian, dan 18% kerusakan hutan. Sesuatu hal yang janggal bahwa hutan yang seharusnya menjadi elemen penting dalam penyerapan gas CO₂ justru menjadi salah satu kontributor utama dalam produksi gas CO₂. Kerusakan hutan yang terjadi diakibatkan penggundulan hutan secara liar tanpa adanya penanaman kembali. Penggundulan hutan terjadi salah satunya karena tingginya konsumsi kertas dunia, dimana kayu yang merupakan hasil penggundulan hutan merupakan bahan baku utama pembuatan kertas.

Berdasarkan data Badan Statistik Kehutanan Indonesia, luas hutan di Indonesia sebesar 99,6 juta hektar atau 52,3% luas wilayah Indonesia [1]. Menurut ilmuwan UGM Prof. Dr. Sudjarwadi, setiap hektar hutan dapat menghasilkan 160 meter kubik kayu, dan setiap industri *pulp* memerlukan 4,6 meter kubik kayu untuk memproduksi sejumlah 1,2 ton kertas [2]. Sementara itu, hasil riset Kementerian Perindustrian Indonesia, produksi kertas di Indonesia mencapai 13 juta ton pada tahun 2013. Setiap pohon dapat mengikat CO₂ di udara sebesar 36 gram CO₂ per hari [3]. Dengan asumsi bahwa setiap hektar hutan terdapat 25 pohon, maka setiap hektar hutan dapat mengikat CO₂ sebesar 328.500 gram setiap tahunnya. Berdasarkan data-data tersebut didapatkan fakta bahwa dengan produksi kertas sebesar 13 juta ton per tahun dibutuhkan sekitar 300.000 hektar pohon yang sebenarnya dapat mengikat CO₂ di udara sebesar 98,55 juta ton. Akibat semakin banyaknya penggunaan kayu untuk pembuatan kertas, maka diperlukan bahan alternatif lain untuk mengatasi masalah ini. Bahan baku terbarukan yang mampu menggantikan peran kayu dalam pembuatan kertas diperlukan, sehingga dapat meminimalisir penebangan hutan dan membantu mengurangi terjadinya efek pemanasan global.

Kertas terbuat dari selulosa yang banyak terkandung dalam bahan-bahan organik, salah satunya adalah kulit buah matoa. Buah matoa adalah buah yang tumbuh subur di daratan Indonesia Timur khususnya Papua. Saat ini, kulit buah matoa belum banyak digunakan dan menjadi limbah yang dibuang begitu saja. Kulit buah matoa memiliki potensi untuk bahan pengganti pembuat kertas karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu sekitar 50%.

Tahap awal dari pembuatan kertas dengan bahan baku kulit buah matoa adalah proses pemasakan untuk memperoleh α -selulosa. Selama ini, proses pemasakan dilakukan secara konvensional dengan hanya merendam bahan baku dalam pelarut tertentu misalnya metanol atau asam asetat. Proses ini berlangsung lama dan pada suhu yang tinggi, sehingga tidak ramah lingkungan. Dalam penelitian ini, dilakukan modifikasi proses pemasakan dengan menggunakan bantuan gelombang ultrasonik dan gelombang mikro pada saat proses pemasakan dengan larutan asam asetat berlangsung. Hal ini bertujuan agar proses pemasakan dapat berlangsung lebih cepat dan memperoleh α -selulosa yang lebih maksimal. Sejauh ini, belum ada penelitian yang mempelajari penggunaan *pretreatment* dengan bantuan gelombang mikro maupun ultrasonik untuk meningkatkan kadar α -selulosa *pulp* untuk pembuatan kertas. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh waktu paparan dan jenis proses pembuatan *pulp* (dengan bantuan gelombang mikro dan ultrasonik) dan rasio antara volume asam asetat dan kulit buah matoa terhadap perolehan α -selulosa dari kulit matoa. Karakteristik kertas serat campuran yang dihasilkan (*daya tembus/bursting strength*, kekuatan tarik/*tear strength*, gramatur/*grammage*, fleksibilitas/kekakuan/*stiffness*, dan ketebalan/*thickness* kertas) dari campuran *pulp* kulit buah matoa dan kertas koran bekas pada berbagai rasio juga dipelajari. Karakteristik kertas serat campuran yang dihasilkan dibandingkan terhadap SNI 0123:2008 untuk mengetahui tipe kertas standar yang paling mendekati.

II. Metode Penelitian

II.1. Material

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah matoa yang berasal dari Kudus, dengan kadar α -selulosa 50,6%. Bahan kimia yang digunakan antara lain larutan asam asetat teknis 95%, larutan asam klorida 37%, larutan etanol 70 %, dan larutan etanol 96 %. Bahan kimia yang digunakan diperoleh dari *supplier* bahan kimia di Surabaya dan dipergunakan langsung tanpa pemrosesan lebih lanjut. Asam asetat digunakan sebagai larutan pemasak dalam proses *pretreatment*. Asam klorida digunakan sebagai katalis yang ditambahkan ke dalam larutan pemasak. Etanol digunakan sebagai reagen *bleaching* untuk menghilangkan tinta kertas koran bekas. *Binder* yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati yang berasal dari tepung singkong.

II.2. Alat

Pengecilan ukuran kulit buah matoa dilakukan dengan menggunakan *grinder*. Proses *pretreatment* untuk delignifikasi menggunakan alat *Microwave* rumah tangga tanpa modifikasi ((Inetron WM900DSL23-2) dengan power 180 W dan *Ultrasound cleaner bath* (Branson Ultrasonic Cleaner 3510E-MTH). Proses pemisahan padatan dan cairan dilakukan dengan penyaringan menggunakan *vacuum pump* dan corong Buchner. Kertas dicetak dengan menggunakan cetakan kertas berukuran 11 x 11 cm.

II.3. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, kulit matoa digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas serat campuran. Terdapat tiga tahap dalam proses pembuatan kertas dari kulit buah matoa yaitu *pretreatment*, pembuatan *pulp*, dan pencetakan kertas. Proses *pretreatment* diawali dengan proses pengeringan kulit buah matoa. Setelah itu, kulit buah matoa dikecilkan ukurannya sehingga didapatkan serbuk kulit buah matoa berukuran -30/+60 mesh. Serbuk kulit buah matoa di-*treatment* dengan bantuan gelombang ultrasonik dan gelombang mikro menggunakan larutan asam asetat dengan berbagai variasi waktu (2,5 sampai 10 menit), dan larutan asam klorida sebagai katalis dengan volume 0,01 % dari volume larutan asam asetat yang digunakan. Setiap proses pemasakan dilakukan dengan rasio massa kulit buah matoa terhadap volume larutan asam asetat yang berbeda-beda (1:10 dan 1:15). Setelah tahap tersebut, dilakukan proses perendaman dalam larutan etanol selama 24 jam yang dilakukan selama dua kali dengan tujuan menghilangkan sisa lignin yang tertinggal. Setelah direndam selama 2x24 jam, *pulp* dari kulit matoa ditiriskan dan disimpan hingga dipergunakan.

Pulp dari kulit matoa dicampurkan dengan kertas koran yang telah direndam dalam air selama 24 jam dan larutan etanol selama 48 jam. Ke dalam campuran bubur kertas tersebut dimasukkan larutan pati dengan konsentrasi 9 g/L sebagai *binder* dan diaduk. Bubur kertas tersebut kemudian dicetak dengan ketebalan tertentu dan dijemur sampai kering, sehingga didapatkan kertas serat campuran yang siap untuk dikarakterisasi.

II.4. Karakterisasi Produk

Uji kadar α -selulosa *pulp* kulit buah matoa dilakukan di Laboratorium Kimia Organik dan Kimia Fisika Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, sedangkan uji karakteristik kertas serat campuran yang dihasilkan seperti *bursting strength*, *tear strength*, *grammage*, *stiffness*, dan *thickness* dilakukan di laboratorium kertas PT. Suparma Tbk. Surabaya.

III. Hasil Penelitian dan Pembahasan

III.1. Karakterisasi Bahan Baku

Untuk mempelajari karakteristik kulit buah matoa sebagai bahan baku *pulp* dilakukan analisis sebagai berikut: kadar α -selulosa, kandungan abu, kandungan lignin, dan kandungan air. Hasil uji karakteristik kulit buah matoa dapat dilihat pada Tabel 1. Kulit buah matoa yang digunakan mengandung kadar α -selulosa sebesar 50,6 %. Kadar α -selulosa kulit buah matoa cukup tinggi jika dibandingkan dengan bahan lain seperti jerami padi (27%-34%) dan ampas tebu (36%-40%) [4]. Dengan persentase α -selulosa yang lebih besar, kulit buah matoa merupakan bahan baku pembuatan *pulp* kertas yang potensial.

Tabel 1. Karakteristik Kulit Buah Matoa

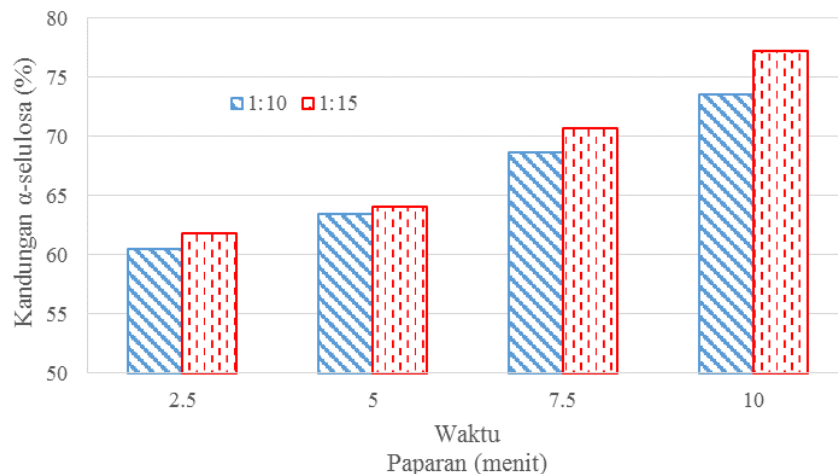
Komposisi	Kadar (%)
α -selulosa	50,6%
Air	9,28%
Lignin	28,24%
Abu	4,21%
Lainnya	7,67%
Total	100%

III.2. Pembuatan Pulp dari Kulit Buah Matoa

Kulit buah matoa di-*pretreatment* dengan bantuan dua gelombang yang berbeda yaitu gelombang mikro dan gelombang ultrasonik. Tujuan penggunaan gelombang mikro dan gelombang ultrasonik dalam *pretreatment* adalah untuk meningkatkan perolehan kadar α -selulosa dalam *pulp* kulit buah matoa seiring dengan terjadinya proses degradasi lignin. *Pulp* hasil *pretreatment* dianalisis kadar α -selulosanya sebagai indikator untuk mengetahui proses *pretreatment* yang dapat menghasilkan kadar α -selulosa tertinggi. Semakin tinggi kadar α -selulosa maka semakin baik kualitas kertas yang dihasilkan.

III.2.1. Pembuatan Pulp dari Kulit Buah Matoa dengan Pretreatment Gelombang Mikro

Hasil uji kadar α -selulosa *pulp* yang diperoleh setelah *pretreatment* dengan gelombang mikro untuk rasio massa kulit buah matoa terhadap volume larutan asam asetat yaitu 1: 10 dan 1:15 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Waktu Paparan terhadap Kadar α -selulosa pada *Pretreatment* dengan Bantuan Gelombang Mikro untuk Variasi Rasio Massa Kulit Buah Matoa terhadap Volume Larutan Asam Asetat 1:10 dan 1:15

Proses *pretreatment* dengan bantuan gelombang mikro yang menghasilkan kadar α -selulosa terbesar adalah proses dengan total waktu paparan 10 menit dan rasio massa kulit buah matoa terhadap volume larutan asam asetat 1:15. Kadar α -selulosa yang diperoleh sebesar 77,16%. Proses *pretreatment* dengan bantuan gelombang mikro mampu meningkatkan kadar α -selulosa *pulp* sebesar 52,49% (dari 50,6 % menjadi 77,16%).

Pretreatment dengan gelombang mikro membantu memecah ikatan lignoselulosa menjadi lignin dan selulosa karena radiasi gelombang mikro menyebabkan efek ledakan fisik pada mikrofiber yang dapat merusak struktur yang sulit terdegradasi seperti ikatan lignoselulosa. Efektifitas dari *pretreatment* dipengaruhi oleh faktor disipasi ($\tan \delta$). Faktor disipasi menyatakan kemampuan pelarut untuk menyerap energi gelombang mikro dan menyalurkan panas di sekitar molekul. Harga $\tan \delta$ menunjukkan efisiensi panas proses pemecahan ikatan lignoselulosa yang terjadi.

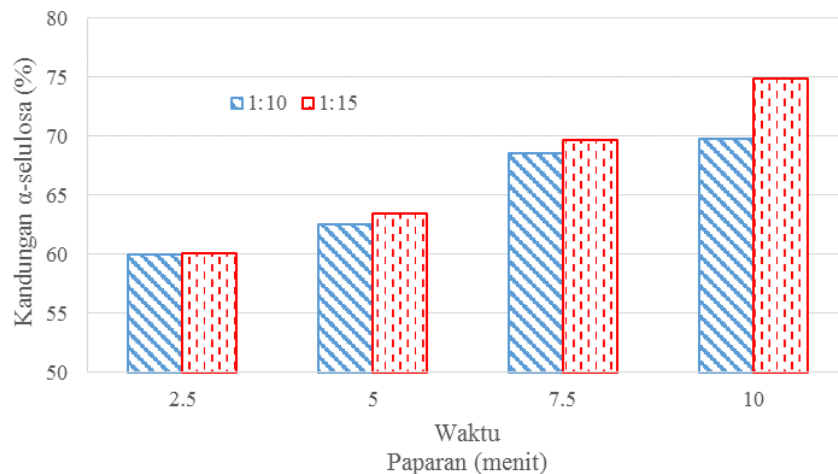
Semakin besar harga $\tan \delta$ maka proses pemecahan ikatan lignoselulosa tersebut semakin efisien [5]. Hasil ini memiliki nilai kadar α -selulosa yang lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmawati dkk. [6]. Penelitian tersebut menghasilkan kadar α -selulosa sebesar 70,6%.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa total waktu paparan berbanding lurus terhadap kadar α -selulosa yang dihasilkan. Dengan total radiasi dari *microwave* yang lebih lama maka semakin banyak lignin yang dapat diekstrak oleh pelarut dan meningkatkan kadar α -selulosa dari *pulp* kulit buah matoa. Semakin lama waktu paparan radiasi *microwave*, pelarut akan menyerap energi *microwave* yang lebih banyak sehingga proses transfer massa dan transfer panas berlangsung lebih maksimal [5].

Selain itu, semakin besar volume dari pelarut maka perolehan kadar α -selulosa dalam *pulp* kulit buah matoa akan semakin besar. Dengan volume pelarut yang lebih besar, pemutusan polimer α -selulosa dari kulit buah matoa semakin besar sehingga rantai α -selulosa semakin kecil. Hal ini menyebabkan α -selulosa kulit buah matoa semakin halus dan lunak. Pelarut yang lebih banyak juga menyebabkan pemutusan ikatan inter molekul selulosa lebih banyak sehingga didapatkan kadar α -selulosa dalam *pulp* yang semakin meningkat [7].

III.2.2. Pembuatan Pulp dari Kulit Buah Matoa dengan Pretreatment Gelombang Ultrasonik

Proses *pretreatment* juga dilakukan dengan bantuan gelombang ultrasonik untuk rasio massa kulit buah matoa terhadap volume larutan asam asetat 1:10 dan 1:15. Hasil uji kadar α -selulosa yang diperoleh setelah *pretreatment* dengan gelombang ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Waktu Paparan terhadap Kadar α -selulosa pada *Pretreatment* dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik untuk Variasi Rasio Massa Kulit Buah Matoa terhadap Volume Larutan Asam Asetat 1:10 dan 1:15

Pada *pretreatment* dengan bantuan gelombang ultrasonik, kadar α -selulosa terbesar diperoleh pada kondisi total waktu paparan 10 menit dan rasio massa kulit buah matoa terhadap volume larutan asam asetat 1:15. Kadar α -selulosa yang diperoleh adalah 74,86%. Proses *pretreatment* dengan bantuan gelombang ultrasonik mampu meningkatkan kadar α -selulosa *pulp* sebesar 67,59% (dari 50,6 % menjadi 74,86%).

Pretreatment dengan bantuan gelombang ultrasonik dapat memecah ikatan lignoselulosa biomassa menjadi lignin dan selulosa karena paparan radiasi gelombang ultrasonik dapat menimbulkan fenomena kavitasi. Fenomena tersebut memberikan gaya gesek yang tinggi antar partikel yang menyebabkan peningkatan transfer massa dengan pelarut. Ledakan dari gelembung kavitasi menghasilkan makro turbulensi dan tumbukan antar partikel yang sangat cepat sehingga meningkatkan transfer massa [8]. Fenomena kavitasi terjadi di-*interface* antara pelarut dan kulit buah matoa yang menyebabkan ikatan lignoselulosa terdegradasi menjadi lignin dan selulosa.







Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa total waktu paparan dan volume pelarut berbanding lurus terhadap kadar α -selulosa yang dihasilkan. Dengan total waktu paparan gelombang ultrasonik yang lebih lama dan volume pelarut yang lebih besar maka semakin banyak lignin yang dapat diekstrak oleh pelarut dan meningkatkan kadar α -selulosa dari kulit buah matoa. Kecenderungan yang sama juga dijumpai untuk proses *pretreatment* dengan bantuan gelombang mikro (Gambar 1).

Rehman dkk. [9] meneliti kadar α -selulosa *poplar wood* yang di-*pretreatment* dengan bantuan gelombang ultrasonik. Hasil penelitiannya menunjukkan kadar selulosa yang lebih besar apabila dibandingkan dengan kadar α -selulosa yang dihasilkan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini, kadar α -selulosa tertinggi yang didapatkan adalah 74,86%, sedangkan pada penelitian Rehman dkk. [9] mampu dihasilkan kadar α -selulosa sebesar 75,5%.

III.3. Pembuatan Kertas Serat Campuran dari Pulp Kulit Buah Matoa dan Pulp Kertas Koran

Pada tahap pembuatan kertas serta campuran, *pulp* dari kulit buah matoa dengan *pretreatment* gelombang mikro maupun ultrasonik dicampur dengan *pulp* dari kertas koran bekas dengan variasi perbandingan tertentu. Larutan pati dengan konsentrasi 9 g/L ditambahkan ke dalam campuran *pulp* sebagai *binder*. *Pretreatment* dan rasio *pulp* kulit buah matoa dan kertas koran mempengaruhi kualitas kertas serat campuran yang dihasilkan. Perbedaan kualitas kertas serat campuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji karakteristik kertas serat campuran yaitu *bursting strength*, uji *tear strength*, uji *stiffness*, uji *grammage*, dan uji *thickness* disajikan pada Gambar 3-7.

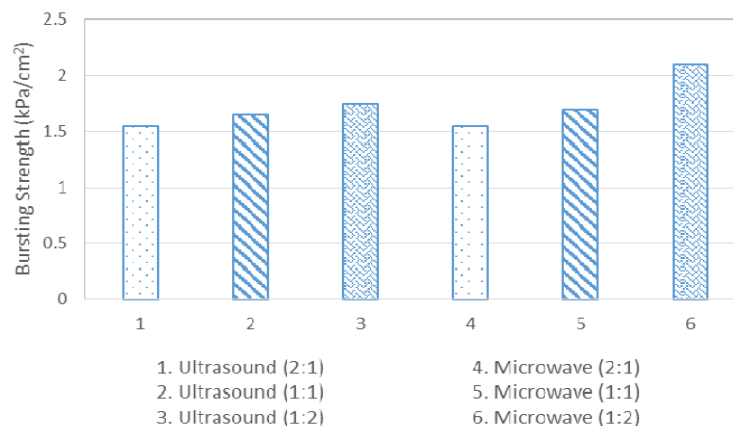
Tabel 2. Hasil Kertas Serat Campuran pada *Pretreatment* Gelombang Mikro dan Ultrasonik pada Berbagai Rasio Massa *Pulp* Kulit Buah Matoa dan *Pulp* Kertas Koran

<i>Pretreatment</i>	Rasio Massa <i>Pulp</i> Kulit Buah Matoa dan <i>Pulp</i> Kertas Koran		
	2 : 1	1 : 1	1 : 2
Mikro			
Ultrasonik			

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin besar massa *pulp* kulit buah matoa maka kertas yang dihasilkan akan berwarna lebih gelap karena *pulp* kulit buah matoa yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas berwarna coklat gelap.

III.3.1. Bursting Strength Kertas Serat Campuran

Hasil uji *bursting strength* untuk seluruh rasio *pulp* kulit buah matoa dan *pulp* kertas koran dapat dilihat pada Gambar 3.



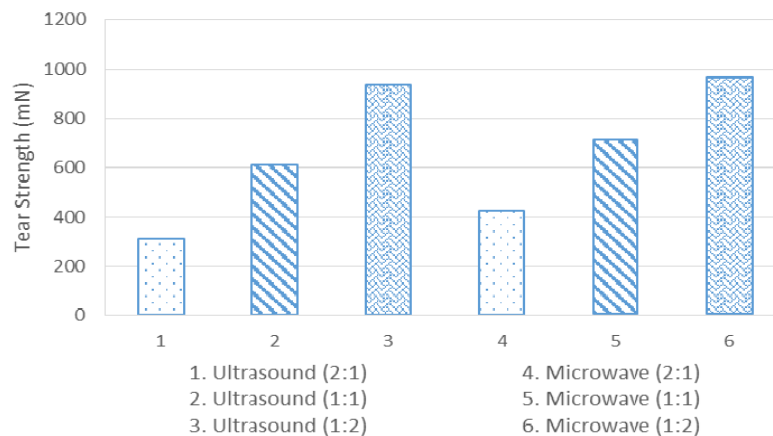
Gambar 3. Hubungan *Bursting Strength* Kertas Serat Campuran dengan Variasi *Pretreatment* dan Komposisi *Pulp*

Bursting Strength merupakan kekuatan lembaran kertas terhadap daya tembus yang diterimanya hingga kertas tersebut retak atau pecah. Dari data yang diperoleh, *bursting strength* kertas serat campuran yang dihasilkan dalam

kisaran nilai 1,55-2,10 kPa/cm². Untuk kedua metode *pretreatment*, semakin kecil komposisi *pulp* kulit buah matoa, maka semakin besar *bursting strength* yang dimiliki oleh kertas serat campuran yang dihasilkan. *Pretreatment* dengan gelombang mikro pada rasio kulit buah matoa dan kertas koran 1:2 memiliki *bursting strength* tertinggi yaitu 2,1 kPa/cm². Hal tersebut dapat terjadi karena *bursting strength* dipengaruhi oleh panjang serat dan ikatan antar serat [10], dan kertas koran memiliki ikatan antar serat yang lebih banyak dibandingkan kulit buah matoa sehingga memiliki *bursting strength* yang lebih besar. Secara keseluruhan, *pretreatment* dengan gelombang mikro memiliki *bursting strength* yang lebih besar karena memiliki harga α -selulosa yang lebih besar. Semakin tinggi kadar α -selulosa *pulp* kulit buah matoa maka menyebabkan ikatan serat antara α -selulosa *pulp* kulit buah matoa dan α -selulosa dalam kertas koran semakin kuat, sehingga *bursting strength* yang diperoleh semakin besar nilainya [11].

III.3.2. Tear Strength Kertas Serat Campuran

Hasil analisis *tear strength* untuk berbagai variabel proses yang dipelajari dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

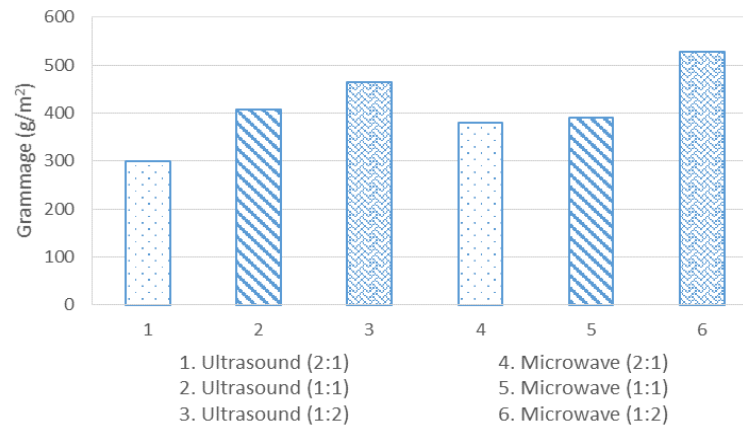


Gambar 4. Hubungan *Tear Strength* Kertas Serat Campuran untuk Berbagai Variasi Metode *Pretreatment* dan Komposisi *Pulp*

Tear strength merupakan tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh suatu kertas ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Dari hasil uji yang diperoleh, *tear strength* kertas serat campuran berada pada kisaran 311-961 mN. Untuk kedua metode *pretreatment*, semakin kecil komposisi *pulp* kulit buah matoa, maka semakin besar *tear strength* yang dimiliki oleh kertas serat campuran yang dihasilkan. *Pretreatment* dengan gelombang mikro pada rasio kulit buah matoa dan kertas koran 1:2 memiliki *tear strength* tertinggi yaitu 961 mN. Hal tersebut dapat terjadi karena *tear strength* dipengaruhi oleh panjang serat dan ikatan antar serat, dan kertas koran memiliki ikatan antar serat yang lebih banyak dibandingkan kulit buah matoa sehingga memiliki *tear strength* yang lebih besar. Secara keseluruhan, *pretreatment* dengan gelombang mikro memiliki *tear strength* yang lebih besar karena memiliki harga α -selulosa yang lebih besar.

III.3.3. Grammage Kertas Serat Campuran

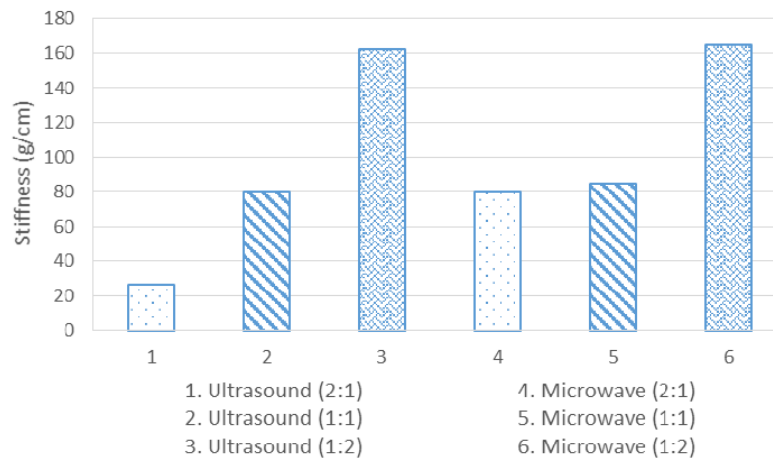
Hasil uji karakteristik gramatur/*grammage* kertas serat campuran untuk berbagai rasio *pulp* kulit buah matoa dan *pulp* kertas koran dapat dilihat pada Gambar 5. *Grammage* merupakan massa lembaran kertas dalam gram dibagi dengan satuan luas dalam m² yang diukur pada kondisi standar. Dari hasil uji yang diperoleh, *grammage* kertas serat campuran berada pada kisaran 298,4-528,55 g/m². *Pretreatment* dengan gelombang mikro pada rasio kulit buah matoa dan kertas koran 1:2 memiliki *grammage* tertinggi yaitu 528,55 g/m². Hal tersebut dapat terjadi karena kertas koran memiliki densitas yang lebih besar dibandingkan dengan kulit buah matoa (0,19 g/cm³ dan 0,16 g/cm³, secara berurutan), sehingga dengan komposisi kertas koran yang lebih banyak akan menghasilkan massa per satuan luas yang lebih besar.



Gambar 5. Hubungan *Grammage* Kertas Serat Campuran untuk Berbagai Variasi Metode *Pretreatment* dan Komposisi *Pulp*

III.3.4. *Stiffness* Kertas Serat Campuran

Hasil *stiffness* untuk seluruh rasio *pulp* kulit buah matoa dan *pulp* kertas koran dapat dilihat pada Gambar 6.

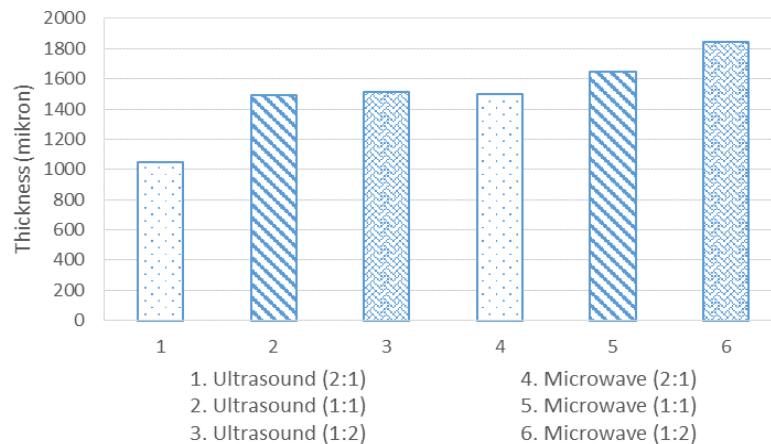


Gambar 6. Hubungan *Stiffness* Kertas Serat Campuran untuk Berbagai Variasi Metode *Pretreatment* dan Komposisi *Pulp*

Stiffness adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk. Dari data yang diperoleh, nilai *stiffness* kertas serat campuran yang dihasilkan adalah 26,4 – 165 g/cm. *Pretreatment* dengan gelombang mikro pada rasio kulit buah matoa dan kertas koran 1:2 memiliki nilai *stiffness* tertinggi yaitu 165 g/cm. Hasil ini sejalan dengan hasil uji gramatur yang diperoleh. Semakin besar gramatur kertas, semakin besar pula nilai *stiffness* kertas tersebut.

III.3.5. *Thickness* Kertas Serat Campuran

Hasil *thickness* untuk seluruh rasio *pulp* kulit buah matoa dan *pulp* kertas koran dapat dilihat pada Gambar 7. *Thickness* adalah jarak antara permukaan sisi atas dan sisi bawah kertas. Dari data yang diperoleh, *thickness* kertas serat campuran yang dihasilkan adalah 1044,5-1844 mikron. Kertas serat campuran yang diperoleh dari proses *pretreatment* dengan gelombang mikro pada rasio kulit buah matoa dan kertas koran 1:2 memiliki nilai *thickness* tertinggi yaitu 1844 mikron. Dengan gramatur yang lebih besar, maka dihasilkan harga *thickness* yang lebih besar.



Gambar 7. Hubungan *Thickness* Kertas Serat Campuran untuk Berbagai Variasi Metode *Pretreatment* dan Komposisi *Pulp*

III.4. Perbandingan Karakteristik Produk Kertas Serat Campuran terhadap Standar SNI 0123 : 2008

Dari *pulp* yang diperoleh, ada enam variabel yang dapat dipelajari untuk mendapatkan produk kertas serat campuran kulit buah matoa dan kertas koran. Terhadap kertas serat campuran yang dihasilkan dilakukan karakterisasi produk untuk menentukan tipe kertas komersial yang paling mendekati dari kertas serat campuran yang dihasilkan yang meliputi *bursting strength*, *tear strength*, *grammage*, *stiffness*, dan *thickness*. Hasil yang diperoleh dibandingkan nilainya dengan parameter kualitas kertas menurut SNI 0123:2008. Perbandingan kertas serat campuran yang dihasilkan terhadap parameter kualitas kertas menurut SNI 0123 : 2008 dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa terdapat empat karakteristik yang memenuhi parameter kualitas menurut SNI dimana tipe kertas yang paling mendekati adalah kertas karton dupleks.

Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Produk Kertas terhadap SNI 0123:2008

Parameter	Karakteristi Standar Kertas Menurut SNI 0123 : 2008	Karakteristik Kertas Hasil <i>Pretreatment</i> Microwave, Rasio 1:1 (Memenuhi/Tidak Memenuhi)	Karakteristik Kertas Hasil <i>Pretreatment</i> Ultrasound, Rasio 1:1 (Memenuhi/Tidak Memenuhi)
<i>Bursting Strength</i>	min 1,5 kPa/cm ²	1,55 kPa/cm ² (Memenuhi)	1,65 kPa/cm ² (Memenuhi)
<i>Tear Strength</i>	min 300 mN	706,5 mN (Memenuhi)	609 mN (Memenuhi)
<i>Grammage</i> (toleransi 4%)	225-500 g/m ²	390,95 g/m ² (Memenuhi)	407,45 g/m ² (Memenuhi)
<i>Stiffness</i>	68-350 g/cm	85 g/cm (Memenuhi)	80 g/cm (Memenuhi)
<i>Thickness</i>	min 250 mikron	1679,5 mikron (Memenuhi)	1489 mikron (Memenuhi)

Kondisi proses optimum pembuatan kertas serat campuran dari kulit buah matoa ditentukan berdasarkan tiga parameter utama kualitas kertas yaitu *grammage*, *tear strength*, dan *stiffness*. Kondisi proses optimum yang diperoleh sebagai berikut: rasio *pulp* kulit buah matoa dan *pulp* kertas koran 1:1 dengan metode *pretreatment* menggunakan bantuan gelombang mikro. Hal ini tampak dari tingginya nilai *grammage*, *bursting strength*, dan *stiffness* kertas serat campuran yang dihasilkan pada kondisi proses tersebut.

IV. Kesimpulan

Proses *pretreatment* dengan gelombang mikro dan gelombang ultrasonik dapat meningkatkan perolehan kadar α -selulosa kulit buah matoa dalam kisaran variabel yang dipelajari. Dalam pembuatan *pulp* kulit buah matoa, rasio antara kulit buah matoa dan asam asetat 1:15 dan total waktu paparan 10 menit merupakan kondisi proses terbaik karena mampu menghasilkan kadar α -selulosa tertinggi yaitu 77,16% untuk gelombang mikro dan 74,86% untuk gelombang ultrasonik.

Kertas serat campuran dari *pulp* kulit buah matoa hasil *pretreatment* dengan gelombang mikro memiliki *bursting strength*, *tearing strength*, *grammage*, *stiffness*, dan *thickness* yang lebih baik dibandingkan kertas serat campuran dari *pulp* hasil *pretreatment* dengan gelombang ultrasonik. *Bursting strength*, *tearing strength*, *grammage*, *stiffness*, dan *thickness* semakin meningkat seiring dengan menurunnya komposisi *pulp* kulit buah matoa. Kondisi optimum dalam pembuatan kertas serat campuran (kertas karton dupleks) berdasarkan tiga parameter utama kertas (*grammage*, *tear strength*, dan *stiffness*) yaitu metode *pretreatment* dengan bantuan gelombang mikro dan rasio *pulp* kulit buah matoa terhadap *pulp* kertas koran adalah 1:1.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada PT. Suparma Tbk. atas bantuannya dalam proses uji karakteristik kertas serat campuran yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

1. Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, 2012, “Statistik Kehutanan Indonesia 2011”, www.dephut.go.id/uploads/files/Statistik_kehutanan_2011.pdf, diakses tanggal 14 Januari 2016.
2. Krisna, W., “Save Paper Save Trees Save the World”, 2013, <https://wikikrisna.wordpress.com/2013/07/06/mari-hemat-satu-lembar-kertasmu>, diakses tanggal 5 Januari 2016.
3. United Nations Statistic Division, 2007, “Environmental Indicator: CO₂ Emission”, http://unstats.un.org/unsd/environment/air_co2_emissions.htm, diakses tanggal 5 Januari 2016.
4. Gunam, I. B. W., Wartini, N. M., Anggreni, A. A. M. D., dan Suparyana, P. M., 2011, “Delignifikasi Ampas Tebu dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar dari *Aspergillus niger* FNU 6018”, Jurnal Teknologi Indonesia, 34, 24-32.
5. Mandal, V., Mohan, Y., and Hemalatha, S., 2007, “Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extracting Tool for Medicinal Plant Research”, Pharmacognosy Review, 1, 1, 7–18.
6. Rahmawati, F., Dwi, B., dan Yulianingsih, R., 2013, “Pemanfaatan Iradiasi Gelombang Mikro Untuk Memaksimalkan Untuk Proses Pretreatment Degradasi Lignin Jerami Padi (pada Produksi Bioetanol)”, Jurnal Bioproses Komoditas Tropis, 1, 13-20.
7. Purnawan, C., Hilmiyana, D., Wantini, dan Fatmawati, E., 2012, “Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Untuk Pembuatan Kertas Dekorasi dengan Metode Organosolv”, Jurnal EKOSAINS, IV, 2, 1-6.
8. Luque de Castro, M. D. and Priego-Capote, F., 2007, “Analytical Application of Ultrasound”, Elsevier Science, 26, 1-398.
9. Rehman, M. S. U., Kim, I., Chisti, Y., Han, J-I., 2013, “Use of Ultrasound in the Production of Bioethanol from Lignocellulosic Biomass”, Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, 30, 2, 1391-1410.
10. Unknown, 2016, “Bursting Strength”, <https://research.cnr.ncsu.edu>, diakses tanggal 14 Januari 2016.
11. Harsini, T. dan Susilowati, 2010, “Pemanfaatan Kulit Buah Kakao dari Limbah Perkebunan Kakao sebagai Bahan Baku Pulp dengan Proses Organosolv”, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 2, 2, 80-89.

Halaman ini kosong